

(11)Publication number : 06-289421

(43)Date of publication of application : 18.10.1994

(51)Int.Cl.

G02F 1/136  
G02F 1/1333  
H01L 29/784

(21)Application number : 04-261161

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

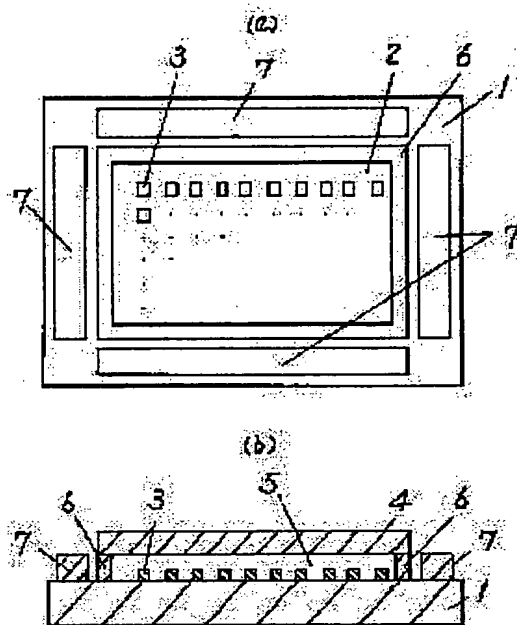
(22)Date of filing : 30.09.1992

(72)Inventor : EDA KAZUO

**(54) LIQUID CRYSTAL DISPLAY ELEMENT AND ITS PRODUCTION****(57)Abstract:**

**PURPOSE:** To operate the liquid crystal display element at a high speed and to make display with large-capacity pixels at a high contrast by directly coupling a single crystal semiconductor substrate onto a glass substrate and providing this single crystal semiconductor substrate with liquid crystal switching transistors (TRs).

**CONSTITUTION:** The liquid crystal switching TRs 3 consisting of single crystal Si formed on the liquid crystal display parts of the glass substrate 1 are formed in an array form provided by as much as the number of the pixels. The glass substrate 1 and the respective single crystal Si switching TRs 3 are directly coupled by reaction of the silicon and oxygen which are the components to form the glass and the silicon on the Si surfaces. The respective switching TRs 3 are connected to respective external driving circuits and are connected to transparent electrodes formed in the respective prescribed parts of the glass substrates 1, 4. Voltages are applied to the transparent electrodes of the parts of the pixels desired to be displayed by operation of the respective switching TRs 3 and the arrangement of the liquid crystals of these parts is changed, by which the display with the respective pixels is made.

**\* NOTICES \***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

**CLAIMS****[Claim(s)]**

[Claim 1]A liquid crystal display element which has the single crystal Si semiconductor substrate directly joined on a glass substrate, and has a transistor for liquid crystal switching in this Si substrate.

[Claim 2]A liquid crystal display element which has the single crystal Si semiconductor substrate directly joined on a glass substrate, and has a circuit for a liquid crystal switching element drive in this Si substrate.

[Claim 3]A liquid crystal display element which has the single crystal Si semiconductor substrate directly

joined on a glass substrate, and has a transistor for liquid crystal switching, and a circuit for a liquid crystal switching element drive in this Si substrate.

[Claim 4] A liquid crystal display element which has the single crystal semiconductor substrate directly joined with silicon or a silicon compound on a glass substrate, and has a transistor for liquid crystal switching in this semiconductor substrate.

[Claim 5] A liquid crystal display element which has the single crystal semiconductor substrate directly joined with silicon or a silicon compound on a glass substrate, and has a circuit for a liquid crystal switching element drive in this semiconductor substrate.

[Claim 6] A liquid crystal display element which has the single crystal semiconductor substrate directly joined with silicon or a silicon compound on a glass substrate, and has a transistor for liquid crystal switching, and a circuit for a liquid crystal switching element drive in this semiconductor substrate.

[Claim 7] The liquid crystal display element according to claim 4 to 6, wherein a single crystal semiconductor is Si.

[Claim 8] The liquid crystal display element according to claim 4 to 6, wherein a single crystal semiconductor is an III-V compound semiconductor.

[Claim 9] The liquid crystal display element according to claim 4 to 6, wherein a single crystal semiconductor is GaAs.

[Claim 10] Hydrophilic processing of the joined part surface of a single crystal semiconductor substrate and silicon for junction, or a silicon compound film is carried out. By processing thickness and shape of a request of thickness and shape of a single crystal semiconductor substrate, and performing process treatment to the account single crystal semiconductor substrate of back to front at temperature below junction heat treatment, after making it pile each other up and joining by heat treatment. A manufacturing method of a liquid crystal display element forming a transistor for liquid crystal switching, or/and a circuit, for a liquid crystal switching transistor drive.

[Claim 11] A manufacturing method of the liquid crystal display element according to claim 10 applying voltage to a joined part when heat treating by making it pile each other up.

[Claim 12] The liquid crystal display element according to claim 4 to 6, wherein a silicon film is amorphous.

[Claim 13] The liquid crystal display element according to claim 4 to 6, wherein a silicon compound film is oxidized silicon.

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to highly-efficient-izing and a miniaturization of a liquid crystal display element.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally a liquid crystal display element to amorphous (amorphous) silicon (Si) of the thin film formed in the glass substrate. Corresponding to each picture element, a liquid crystal switching element (thin film transistor: TFT) is formed, the voltage which this applies to the liquid crystal of each picture element is changed, and it is displaying by controlling the penetration degree of the light of each picture element. When there are few picture elements, the speed of switching of this transistor is not a problem so much, but, the number of picture elements increases, and in the liquid crystal display element which comprises thousands, tens of thousands, or a picture element beyond it, in order

that the switching speed of a transistor may hear from the speed of response of a display, and contrast directly, the switching speed of a transistor serves as an important technical problem. The switching speed of a transistor is fundamentally decided by the degree of electron transfer. For example, the mobility in the case of amorphous Si is about [ about 1 cm<sup>2</sup>/V.S. In order to solve this problem, the method of using the polycrystal Si (polysilicon) film formed on the glass substrate instead of amorphous Si is also known. The mobility of polycrystal Si can expect about [ 50 to 100 cm<sup>2</sup>/V.S, and can form a switching element array more nearly high-speed than amorphous Si.

[0003]The circuit for driving each switching transistor in addition to such a liquid crystal switching transistor array is required for a liquid crystal display element. Usually, the circuit for a drive is independently made from IC, and it is made to mount it later. However, if it carries out external [ of the circuit for a drive ] later in this way, shape becomes large and, for this reason, the time and effort of mounting is not preferred, either. Then, although the method of forming a drive circuit in amorphous Si and the polycrystal silicon film which were provided in the glass substrate, and attaining a miniaturization to them is also considered, unless electron mobility is high also in this case too, it cannot drive at sufficient speed.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]In the method of forming the thin film of amorphous Si or polycrystal Si in a glass substrate, and forming there a liquid crystal switching transistor and the circuit for a switching transistor drive, since electron mobility is not quick enough, a transistor with quick switching speed is not obtained. Therefore, the technical problem of that the number of picture elements can seldom be enlarged, being unable to take contrast enough occurred.

[0005]

[Means for Solving the Problem]In order to solve an aforementioned problem, on a glass substrate, direct, silicon, or a silicon compound is used, it joins directly, a quick single crystal semiconductor substrate of electron mobility is sheet-metal-ized, and it is made to have a transistor for liquid crystal switching, and a circuit for a switching element drive in said Si substrate.

[0006]

[Function]By having the above composition, the possible liquid crystal switching element of high-speed operation and the display device which unified the circuit for a switching element drive are obtained, and it becomes highly efficiently and small.

[0007]

[Example]The composition and the manufacturing method of the liquid crystal display element of the example of this invention are explained below, referring to drawings.

[0008](Example 1) The 1st example of the basic structure of the liquid crystal display element of this example is shown in drawing 1 (a) and (b). Drawing 1 (a) is a top view of a liquid crystal display element, and drawing 1 (b) is a side view. In the figure, it is a liquid crystal switching transistor which consists of single crystal Si by which the glass substrate for liquid crystal display elements in 1 and 2 were formed in the liquid-crystal-display portion, and 3 was formed on the liquid-crystal-display portion of the glass substrate 1, and has become the array form in which only the number of picture elements was formed. By a diagram, a part is omitted and it has displayed. The holding part which the glass substrate which 4 countered the glass substrate 1 and was provided, the liquid crystal filling portion by which 5 was inserted into the two glass substrates 1 and 4, and 6 opened the opening of the two glass substrates 1 and 4 suitably, were fixed, and closed the liquid crystal, and 7 are the external IC chips for a drive. Although not displayed by a diagram, each switching transistor is connected to the external circuit for a drive, respectively. It is connected to the transparent electrode currently formed in each predetermined part of the glass of two sheets.

When each switching transistor operates, voltage is added to the transparent electrode of the portion of a picture element to display and the arrangement of the liquid crystal of the portion changes, the display by each picture element is made. The single crystal Si transistor 3 is about 1 micrometer in thickness. It can put between two glass substrates.

Since it is a single crystal, even if the value whose electron mobility is about [ 1500 cm<sup>2</sup>/V.s greatly is obtained easily and compares with about 1500 times as many amorphous Si ratio \*\* and polycrystal Si, it is 30 times larger from 15. Therefore, high-speed quick switching is possible also for the speed of the switching transistor made from this for the almost same magnification. As a result, even if a picture element increases more nearly substantially than before, displaying maintaining good contrast is possible.

[0009]The glass substrate 1 and each single crystal Si transistor 3 are joined directly. If it joins using adhesives, such as common resin, and the method of this example will be used although a next

semiconductor processing process cannot be performed by relations, such as heat resistance and solvent resistance, a glass substrate and single crystal Si, Silicon which is a forming component of glass, oxygen, and silicon of a Si surface react, and it is joined, therefore since it is adhesion by an inorganic substance, there are no above problems. When the adhesives of resin are used, among heat are a weak problem, the problem of the long term reliability by mechanical distortion, etc., but there is also no such problem by pasting up with an inorganic material like this example.

[0010](Example 2) The 2nd example of the structure of the liquid crystal display element of this example is shown in drawing 2. In a figure, the glass substrate for liquid crystal display elements in 1 and 2 are liquid-crystal-display portions, and 6 has the glass substrate countered and provided via the liquid crystal on it by the holding part. By the switching transistor array which comprised an amorphous Si thin film, 8 carries out a \*\*\*\*\* abbreviation and is displayed. 9 is directly joined to the glass substrate 1 by single crystal Si, and the circuit for a switching transistor array drive is formed. Fundamentally, the structure of the portion of 2 is the same as Example 1, is formed by amorphous Si instead of single crystal Si, and has the same composition what is called as a conventional TFT type liquid crystal display section. Although not displayed by a diagram, the switching transistor array and the circuit part for a drive are electrically connected by the electric wiring formed on the glass substrate 1. Each switching transistor as well as Example 1 is formed and connected with the transparent electrode on a glass substrate. Since IC for drive circuits did not need to be later mounted like before and it is integrated on a glass substrate by having such composition at a liquid-crystal-display portion and one, the whole liquid crystal display element can be miniaturized.

[0011](Example 3) The 3rd example of the structure of the liquid crystal display element of this example is shown in drawing 3. In a figure, the name and function of each component of 1, 2, 6, and 9 are the same as that of Examples 1 and 2. 3 and 9 are single crystal Si directly joined to the glass substrate, and the switching transistor and the circuit for a drive are formed on it, respectively. Although not displayed by a diagram, the switching transistor array 3 and the circuit part 9 for a drive are electrically connected like Examples 1 and 2 by the electric wiring formed on the glass substrate 1. The transparent electrode as well as Example 1 is formed and connected with each switching transistor. In this example, the effect of both who showed in Examples 1 and 2 is acquired by both the switching transistor array 3 and the circuit part 9 for a drive, using [ therefore ] single crystal Si directly joined to the glass substrate. That is, the extraordinarily high-speed operation also of the circuit for a switching transistor and a drive is attained rather than conventional amorphous Si and polycrystal Si, and the object for liquid crystal display elements which can operate a mass picture element by high contrast is obtained. A small and reliable liquid crystal display element is obtained from the technical problem of a component side being solved like Example 2.

[0012](Example 4) The 4th example of the structure of the liquid crystal display element of this example is shown in drawing 4. Drawing 4 shows the structure of the side corresponding to drawing 1 (b). In a figure, the name and function of each component of 1 to 4, 6, and 7 are the same as that of Example 1. 10 is silicon compound films, such as silicon for joining the transistor which consists of the glass substrate 1 and single crystal Si, or oxidized silicon. Silicon or the silicon compound film is about 0.05 – 0.5 micrometer in thickness.

As well as Example 1 even if there is besides single crystal Si about 1 micrometer thick, it is possible to put between the two opposite glass substrates 1 and 4.

The heat resistance of silicon or a silicon compound, solvent resistance, and a resistance to environment are equivalent to single crystal Si or a glass substrate, or are more than it.

The almost same effect as the structure of the direct junction shown in Example 1 is acquired.

Therefore, the same effect as Example 1 is acquired.

[0013](Example 5) The 5th example of the structure of the liquid crystal display element of this example is shown in drawing 5. Drawing 5 is a thing corresponding to the structure of drawing 2 shown in Example 2, and shows the structure of the side of that. In a figure, the name and function of each component of 1, 4, 6, 8, and 9 are the same as that of Examples 1 and 2. 11 is silicon compound films, such as silicon for joining the circuit part for a drive which consists of the glass substrate 1 and single crystal Si, or oxidized silicon. Silicon or the silicon compound film is about 0.05 – 0.5 micrometer in thickness.

The function and effect are the same as that of Example 4.

That is, the heat resistance of silicon or a silicon compound, solvent resistance, and a resistance to environment are equivalent to single crystal Si or a glass substrate, or are more than it.

The almost same effect as the structure of the direct junction shown in Example 2 is acquired.

Therefore, the same effect as Example 2 is acquired.

[0014](Example 6) The 6th example of the structure of the liquid crystal display element of this example is

shown in drawing 6. Drawing 6 is a thing corresponding to the structure of drawing 3 shown in Example 3, and shows the structure of the side of that. In a figure, the name and function of each component of 1, 3, 4, 6, and 9 are the same as that of Example 1-3. 10 and 11 are silicon compound films for joining single crystal Si for switching transistors, 3 and single crystal Si for drive circuits, and 10 to the glass substrate 1 directly, respectively, such as silicon or oxidized silicon, like Examples 4 and 5. the junction effect of silicon or a silicon compound film is the same in Example 4 having described, therefore the mass picture element shown in Example 3 can be driven by high contrast, and, moreover, the effect that a liquid crystal display element with small mounting is obtained is acquired in a similar manner.

[0015](Example 7) The example of the manufacturing method of this example is shown.

[0016]A glass substrate and the single crystal Si substrate surface are made very purely and flat. Next, hydrophilic processing of each substrate face is carried out. Specifically, the surface is slightly etched with a fluoric acid system etching reagent. Next, if it lays on top of Mr. \*\*\*\* after pure water washes each surface enough, junction will take place with fan DEAWARUSU power, such as a hydroxyl group which is a constituent of the water which stuck to the surface of each substrate. If it heat-treats in this state, hydrogen which is a constituent of water falls out from the interface gradually, silicon and oxygen which are the constituents of glass, and silicon of a Si substrate join together, and bonding strength is strengthened. In this state, the joined single crystal Si substrate is sheet-metal-ized by grinding, polish, etching, etc., and, eventually, it sheet-metal-izes to mum order. It is possible to sheet-metal-ize to about 1 micrometer actually. Next, single crystal Si sheet metal is etched only into the portion corresponding to each picture element so that it may remain in island shape. Next, on each island-shape single crystal Si, sauce, a drain, a gate, and various wiring electrodes are formed by the manufacturing process of the usual field effect transistor, and a switching transistor is formed in each island. Thereby, the structure of a switching transistor array is acquired. The manufacturing process of a field effect transistor can be carried out below 450 \*\*, and if junction strengthening heat treatment temperature is performed by more than it, even if it performs the above-mentioned process treatment, a problem will not arise at all. Next, it is made to counter with the glass substrate which formed a transparent electrode and various wiring electrodes and in which another transparent electrode was formed, and a liquid crystal material is poured in and closed in the gap of a glass substrate. Each switching transistor, each transparent electrode, and an external circuit are constituted so that the voltage applied to a \*\*\*\*\* \*\*\*\* liquid crystal can be controlled to each picture element. Thereby, the liquid crystal display element of the structure shown in Example 1 is obtained.

[0017]Heat treatment for junction strengthening is effective above 100 \*\*, and junction is strengthened, so that it carries out at an elevated temperature. The bonding strength of several 10 to several 100 kg/cm<sup>2</sup> is obtained easily. The limit by the side of the elevated temperature of heat treatment temperature can carry out heat resistance of the glass substrate to be used, and needs to be below softening temperature at least of a ball and the used glass substrate. If it heat-treats at the temperature of not less than 300 \*\*, the intensity more than 100 kg/cm<sup>2</sup> will be obtained easily, and sufficient intensity for subsequent grinding, polish, etching, etc. will be obtained. In order for there to be no exfoliation and to acquire good junction, it is desirable to make it possible the nearest whether to double the coefficient of thermal expansion of single crystal Si with a glass substrate. The width of a glass material of selection of a coefficient of thermal expansion is wide, it is possible to choose the almost same thing as Si, in that case, heat treatment to an about 500 \*\* elevated temperature is attained without exfoliation etc., and a production yield improves. Although bonding strength sufficient with the heat treatment temperature of 500 \*\* or less can be taken, it is also possible by adding an electric field to an interface to make heat treatment temperature low further. At least 300 \*\* or less of junction with firm heat treatment temperature is acquired by what the high tension of 200-5000V is applied to the interface for. how to apply voltage -- a direct current -- or it adds in pulse. As stated above, this example from junction at 500 \*\* or less being possible. Since the cheap glass substrate having contained the ingredient which lowers the melting point in addition to oxidized silicon can be used, without using an expensive substrate for a substrate like synthetic quartz with the characteristic stable to an elevated temperature and each process can also be performed at low temperature, it is advantageous on production.

[0018]In a liquid crystal display element, although the parallelism of an opposite glass substrate is an element important for performance, since junction is performing the glass substrate and the single crystal Si substrate directly in this example, the display flatness of a glass substrate and a single crystal Si joined part can be kept very good. As a result, the display flatness in the case of grinding, polish, and etching is also controllable good, and since there is also dramatically little variation in the thickness of the island of each single crystal Si, the parallelism of a glass substrate can also be kept good enough.

[0019](Example 8) The 2nd example of the manufacturing method of this example is shown.

[0020] A glass substrate and the single crystal Si substrate surface are made very purely and flat. Next, an amorphous Si film is formed in each substrate face with plasma chemistry vapor phase growth (CVD). Next, hydrophilic processing of the amorphous Si surface is carried out. Specifically, the surface is etched with a fluoric acid system etching reagent. Next, if it lays on top of Mr. \*\*\*\* after pure water washes each surface enough, junction will take place like Example 7 with fan DEAWARUSU power, such as a hydroxyl group which is a constituent of the water which stuck to the surface of each substrate. If it heat-treats in this state, hydrogen which is a constituent of water falls out from the interface gradually, the left-behind oxygen and silicon which is the constituents of amorphous Si of an interface join together, and bonding strength is strengthened. The liquid crystal display element of the structure of Example 4 of having henceforth a switching transistor array of single crystal Si directly joined to the glass substrate by amorphous Si with the same manufacturing method as Example 7 is obtained.

[0021] The mechanism of direct junction is the same as Example 7 almost, therefore the effect of the coefficient of thermal expansion of the effect of the heat treatment temperature for junction strengthening and a temperature requirement, and a glass substrate is the same as that of Example 7 almost. By applying voltage to a joining interface, it is possible to make heat treatment temperature low as well as Example 7.

[0022] If the thickness of amorphous Si used for junction is used [ plasma CVD ], since a thickness of 0.05 - 0.5 micrometer can be controlled by nm order, it does not pose a problem as well as [ the technical problem about the parallelism of an opposite glass substrate / almost ] Example 7.

[0023] (Example 9) The 3rd example of the manufacturing method of this example is shown.

[0024] A glass substrate and the single crystal Si substrate surface are made very purely and flat. Next, an oxidized silicon film is formed in each substrate face by CVD. Next, hydrophilic processing of the oxidized silicon film surface is carried out. Specifically, the surface is etched with a fluoric acid system etching reagent. Next, if it lays on top of Mr. \*\*\*\* after pure water washes each surface enough, junction will take place like Example 7 with fan DEAWARUSU power, such as a hydroxyl group which is a constituent of the water which stuck to the surface of each substrate. If it heat-treats in this state, hydrogen which is a constituent of water falls out from the interface gradually, oxygen and silicon which are the constituents of the left-behind oxygen and oxidized silicon join together, and bonding strength is strengthened. The liquid crystal display element of the structure of Example 4 of having henceforth a switching transistor array of single crystal Si directly joined to the glass substrate with oxidized silicon with the same manufacturing method as Example 7 is obtained.

[0025] The mechanism of direct junction is the same as Example 7 almost, therefore the effect of the coefficient of thermal expansion of the effect of the heat treatment temperature for junction strengthening and a temperature requirement, and a glass substrate is the same as that of Example 7 almost. By applying voltage to a joining interface, it is possible to make heat treatment temperature low as well as Example 7.

[0026] Since the thickness of the oxidized silicon film used for junction is controllable by a thickness of 0.05 - 0.5 micrometer by nm order, it does not pose a problem as well as [ the technical problem about the parallelism of an opposite glass substrate ] Example 7.

[0027] (Example 10) The 4th example of the manufacturing method of this example is shown.

[0028] An amorphous Si thin film is formed in the liquid crystal display section of a glass substrate which provided the predetermined transparent electrode by plasma CVD etc. Next, hydrophilic processing of the surface of the single crystal Si substrate joined to the drive circuit formation part of a glass substrate and it is carried out like Example 7. Next, pure water washes enough and a single crystal Si substrate is joined to the drive circuit formation part of a glass substrate. After heat-treating like Example 7 henceforth, the circuit for a drive is formed in single crystal Si which joined the switching transistor array to the amorphous Si-thin-film formation part, and an electrical link is performed, respectively. Next, the structure of Example 2, i.e., the switching transistor of a liquid-crystal-display portion, is amorphous Si by providing the glass substrate which countered the liquid crystal display section and provided the predetermined transparent electrode, and connecting closure and each electric wiring to the gap for a liquid crystal, A driving circuit part obtains the liquid crystal display element which consists of single crystal Si directly joined to the glass substrate.

[0029] If an amorphous Si film is formed in the junction schedule part of a glass substrate and single crystal Si by plasma CVD and single crystal Si is joined to a glass substrate with an amorphous Si film like Example 8, the liquid crystal display element of the structure of Example 5 (drawing 5) joined with the amorphous Si film can be obtained.

[0030] (Example 11) The 5th example of the manufacturing method of this example is shown.

[0031] An amorphous Si thin film is formed in the liquid crystal display section of a glass substrate which provided the predetermined transparent electrode, a drive circuit formation schedule part, and the surface

of a single crystal Si substrate to join by plasma CVD etc. Next, the substrate which joined single crystal Si for each amorphous Si surface to the glass substrate by amorphous Si hydrophilic processing and by carrying out pure water washing and piling up uniformly is obtained. After heat-treating like Example 7 henceforth, etching etc. separate single crystal Si into each portion suitably, a switching transistor array is formed in a liquid crystal display section, the circuit for a drive is formed in the circuit part for a drive, and an electrical link is performed, respectively. The structure of the liquid crystal display element of Example 6 (drawing 6) which formed both the liquid crystal switching transistor and the circuit for a drive in single crystal Si joined by amorphous Si by this is acquired.

[0032] If an oxidized silicon film is formed in the junction schedule part of a glass substrate and single crystal Si by CVD and single crystal Si is joined to a glass substrate with an oxidized silicon film like Example 9, the liquid crystal display element of the structure of Example 6 (drawing 6) joined with the oxidized silicon film can be obtained.

[0033] (Example 12) The 7th example of the structure of the liquid crystal display element of this example is shown in drawing 7. A figure shows the structure of the side of the structure of this example. In a figure, the name and function of each component of 1, 4, 6, and 7 are the same as that of Example 4. 12 is the switching transistor made on the single crystal GaAs substrate, and 13 is silicon compound films, such as silicon for joining the switching transistor made by the single crystal GaAs substrate to the glass substrate 1, or oxidized silicon. The thickness of a single crystal GaAs substrate is about 1 micrometer. The thickness of silicon or a silicon compound film is about 0.05 – 0.5 micrometer. That is, the structure of this example is the structure which used the single crystal GaAs instead of single crystal Si in the structure of Example 4.

Other composition and principles of operation are the same as that of Example 4.

The effect as the structure of the direct junction shown in Example 1 that the effect of heat resistance, solvent resistance, and a resistance to environment is almost the same is acquired. further — this example — electron mobility —  $9700 \text{ cm}^2 / \text{about V.s}$  — since a certain single crystal GaAs is used, about 6 time high-speed operation is more possible than single crystal Si. Therefore, a further mass picture element can be operated by high contrast rather than the thing of the structure of Example 4.

[0034] (Example 13) The 8th example of the structure of the liquid crystal display element of this example is shown in drawing 8. Drawing 8 is a thing corresponding to the structure of drawing 5 shown in Example 5, and shows the structure of the side of that. In a figure, the name and function of each component of 1, 4, 6, and 8 are the same as that of Example 5. The circuit part for a switching transistor drive by which 14 was constituted from the single crystal GaAs, and 15 are silicon compound films, such as silicon for joining directly the circuit part 14 for a drive which consists of the glass substrate 1 and the single crystal GaAs, or oxidized silicon. Silicon or the silicon compound film is about 0.05 – 0.5 micrometer in thickness.

The function and effect are the same as that of Example 5.

That is, the effect of the same heat resistance as Example 5, solvent resistance, and a resistance to environment is acquired. Furthermore, since the single crystal GaAs is used instead of single crystal Si, a further mass picture element can be operated by high contrast rather than the thing of the structure of Example 5 at this example.

[0035] (Example 14) The 9th example of the structure of the liquid crystal display element of this example is shown in drawing 9. Drawing 9 is a thing corresponding to the structure of drawing 6 shown in Example 6, and shows the structure of the side of that. In a figure, the name and function of each component of 1, 4, and 6 are the same as that of Example 1. 12, 13, 14, and 15 like Examples 12 and 13, respectively The single crystal GaAs for switching transistors. It is silicon or the silicon compound film for joining directly the silicon which has joined it to the glass substrate 1 directly or a silicon compound film and the single crystal GaAs for drive circuits, and it to the glass substrate 1. the junction effect of silicon or a silicon compound film is the same in Example 13 having described, therefore the mass picture element shown in Example 3 can be driven by high contrast, and, moreover, the effect that a liquid crystal display element with small mounting is obtained is acquired. Since the single crystal GaAs is used for both the switching transistor and the circuit part for a drive, the display of mass high contrast is still attained than the structure of Example 6.

[0036] (Example 15) The 6th example of the manufacturing method of this example is shown.

[0037] A glass substrate and the single crystal GaAs substrate surface are made very purely and flat. Next, an amorphous Si film is formed in each substrate face with plasma chemistry vapor phase growth (CVD). Next, hydrophilic processing of the amorphous Si surface is carried out. Specifically, the surface is etched with a fluoric acid system etching reagent. Next, if it lays on top of Mr. \*\*\*\* after pure water washes each surface enough, junction will take place like Example 7 with fan DEAWARUSU power, such as a hydroxyl



group which is a constituent of the water which stuck to the surface of each substrate. If it heat-treats in this state, hydrogen which is a constituent of water falls out from the interface gradually, the left-behind oxygen and silicon which is the constituents of amorphous Si of an interface join together, and bonding strength is strengthened. The liquid crystal display element of the structure of Example 12 of having henceforth a switching transistor array of the single crystal GaAs directly joined to the glass substrate by amorphous Si with the same manufacturing method as Example 7 is obtained.

[0038]The mechanism of direct junction is the same as Example 7 almost, therefore the effect of the coefficient of thermal expansion of the effect of the heat treatment temperature for junction strengthening and a temperature requirement, and a glass substrate is the same as that of Example 7 almost. By applying voltage to a joining interface, it is possible to make heat treatment temperature low as well as Example 7.

[0039]If the thickness of amorphous Si used for junction is used [ plasma CVD ], since a thickness of 0.05 - 0.5 micrometer can be controlled by nm order, it does not pose a problem as well as [ the technical problem about the parallelism of an opposite glass substrate / almost ] Example 7.

[0040](Example 16) The 7th example of the manufacturing method of this example is shown.

[0041]A glass substrate and the single crystal GaAs substrate surface are made very purely and flat. Next, an oxidized silicon film is formed in each substrate face by CVD. Next, hydrophilic processing of the oxidized silicon film surface is carried out. Specifically, the surface is etched with a fluoric acid system etching reagent. Next, if it lays on top of Mr. \*\*\*\* after pure water washes each surface enough, junction will take place like Example 7 with fan DEAWARUSU power, such as a hydroxyl group which is a constituent of the water which stuck to the surface of each substrate. If it heat-treats in this state, hydrogen which is a constituent of water falls out from the interface gradually, oxygen and silicon which are the constituents of the left-behind oxygen and oxidized silicon join together, and bonding strength is strengthened. The liquid crystal display element of the structure of Example 12 of having henceforth a switching transistor array of the single crystal GaAs directly joined to the glass substrate with oxidized silicon with the same manufacturing method as Example 7 is obtained.

[0042]The mechanism of direct junction is the same as Example 7 almost, therefore the effect of the coefficient of thermal expansion of the effect of the heat treatment temperature for junction strengthening and a temperature requirement, and a glass substrate is the same as that of Example 7 almost. By applying voltage to a joining interface, it is possible to make heat treatment temperature low as well as Example 7.

[0043]Since the thickness of the oxidized silicon film used for junction is controllable by a thickness of 0.05 - 0.5 micrometer by nm order, it does not pose a problem as well as [ the technical problem about the parallelism of an opposite glass substrate ] Example 7.

[0044](Example 17) The 8th example of the manufacturing method of this example is shown.

[0045]An amorphous Si thin film is formed in the liquid crystal display section of a glass substrate which provided the predetermined transparent electrode by plasma CVD etc. Next, hydrophilic processing of the surface of the single crystal GaAs substrate joined to the drive circuit formation part of a glass substrate and it is carried out like Example 7. Next, pure water washes enough and a single crystal GaAs substrate is joined to the drive circuit formation part of a glass substrate. After heat-treating like Example 7 henceforth, the circuit for a drive is formed in the single crystal GaAs which joined the switching transistor array to the amorphous Si-thin-film formation part, and an electrical link is performed, respectively. Next, the structure of Example 13, i.e., the switching transistor of a liquid-crystal-display portion, is amorphous Si by providing the glass substrate which countered the liquid crystal display section and provided the predetermined transparent electrode, and connecting closure and each electric wiring to the gap for a liquid crystal. A driving circuit part obtains the liquid crystal display element which consists of the single crystal GaAs directly joined to the glass substrate.

[0046]If an oxidized silicon film is formed in the junction schedule part of a glass substrate and single crystal Si by CVD and a glass substrate and the single crystal GaAs are joined to it with an oxidized silicon film like Example 9, the liquid crystal display element of the structure of Example 13 joined with the oxidized silicon film can be obtained.

[0047](Example 18) The 9th example of the manufacturing method of this example is shown.

[0048]An amorphous Si thin film is formed in the surface of the liquid crystal display section of a glass substrate which provided the predetermined transparent electrode, a drive circuit formation schedule part, and the single crystal GaAs substrate to join by plasma CVD etc. Next, the substrate which joined the single crystal GaAs for each amorphous Si surface to the glass substrate by amorphous Si hydrophilic processing and by carrying out pure water washing and piling up uniformly is obtained. After heat-treating like Example 7 henceforth, etching etc. separate the single crystal GaAs into each portion suitably, a switching transistor array is formed in a liquid crystal display section, the circuit for a drive is formed in the



circuit part for a drive, and an electrical link is performed, respectively. The structure of the liquid crystal display element of Example 14 which formed both the liquid crystal switching transistor and the circuit for a drive in the single crystal GaAs joined by amorphous Si by this is acquired.

[0049]If an oxidized silicon film is formed in the junction schedule part of a glass substrate and single crystal Si by CVD and single crystal Si is joined to a glass substrate with an oxidized silicon film like Example 9, the liquid crystal display element of the structure of Example 14 joined with the oxidized silicon film can be obtained.

[0050]In Example 12-18, the example of GaAs which is an III-V compound semiconductor was shown. More quickly [ electron mobility ] than Si, chemical nature is also good for GaAs and each of III-V compound semiconductors other than this, for example, InP, InGaAs(es), AlGaAs(es), etc. is alike. Therefore, if silicon or the silicon compound film shown by this example is used, junction is directly possible to a glass substrate, and the same effect as the same structure can be acquired.

[0051]Although the example of oxidized silicon showed each by this example as a silicon compound, the oxidized silicon formed by CVD etc. differs in the oxygen content somewhat by conditions. Nitrogen may also be contained. In any case, junction is acquired directly. As for the propriety of direct junction, the character of combination of the substance is involving.

If it has covalent bond character like silicon or oxidized silicon, the almost same effect will be acquired and a thing will be seemed.

Therefore, it is large with oxidized silicon compounds, such as oxidized silicon, such as SiOx, SiOxNy, and SizNy, oxidation silicon nitride, and silicon nitride, and junction of a semiconductor and a glass substrate is possible.

[0052]

[Effect of the Invention]Composition and a manufacturing method which were explained above are comprised in this invention.

Therefore, an effect which is indicated below is shown.

[0053]In this example, a liquid crystal switching transistor or/and the circuit part for a switching transistor drive, From forming in very large single crystal Si or the single crystal III-V compound semiconductor of mobility, the display which is a mass picture element can be performed by high contrast so that very high-speed operation is [ as a result ] possible. Since the circuit for a drive can be formed in one, a miniaturization can be attained.

[0054]Since junction of a single crystal semiconductor and a glass substrate is performed using direct, silicon, or a silicon compound, it excels in the field of heat resistance, solvent resistance, and a resistance to environment. Since it excels especially in heat resistance, it becomes it is possible to carry out the transistor formation process after junction, and possible to unification of the circuit for a drive.

[0055]Since a cheap glass substrate with the low melting point containing ingredients other than oxidized silicon can be used, without using an expensive thing like a synthetic quartz board since it is joinable at the temperature of 500 \*\* or less and each process can be performed at low temperature, it is advantageous on production.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]The lineblock diagram of the liquid crystal display element in the 1st example of this invention

[Drawing 2] The lineblock diagram of the liquid crystal display element in the 2nd example

[Drawing 3] The lineblock diagram of the liquid crystal display element in the 3rd example

[Drawing 4] The lineblock diagram of the liquid crystal display element in the 4th example

[Drawing 5] The lineblock diagram of the liquid crystal display element in the 5th example

[Drawing 6] The lineblock diagram of the liquid crystal display element in the 6th example

[Drawing 7] The lineblock diagram of the liquid crystal display element in the 7th example

[Drawing 8] The lineblock diagram of the liquid crystal display element in the 8th example

[Drawing 9] The lineblock diagram of the liquid crystal display element in the 9th example

[Description of Notations]

1 Glass substrate

2 Liquid crystal display section

3 Single crystal Si switching transistor

4 Glass substrate

5 Liquid crystal filling portion

6 Holding part

7 The circuit part for a drive

8 Amorphous Si switching transistor

9 The circuit part for a single crystal Si drive

10 Silicon or a silicon compound film

11 Silicon or a silicon compound film

12 Single crystal GaAs switching transistor

13 Silicon or a silicon compound film

14 The circuit part for a single crystal GaAs drive

15 Silicon or a silicon compound film

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

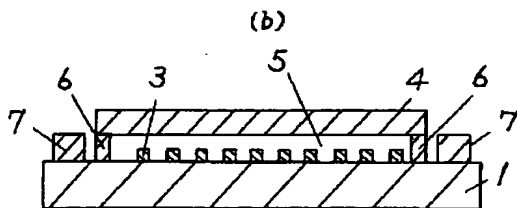
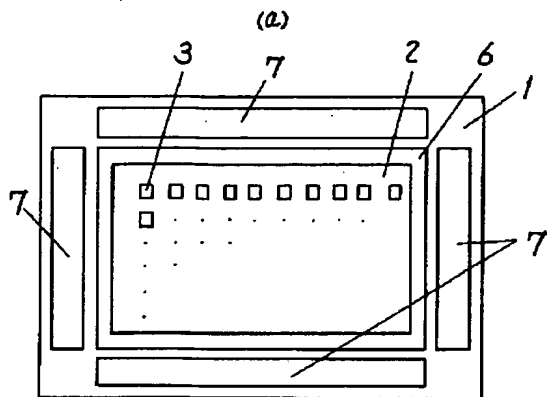
---

**DRAWINGS**

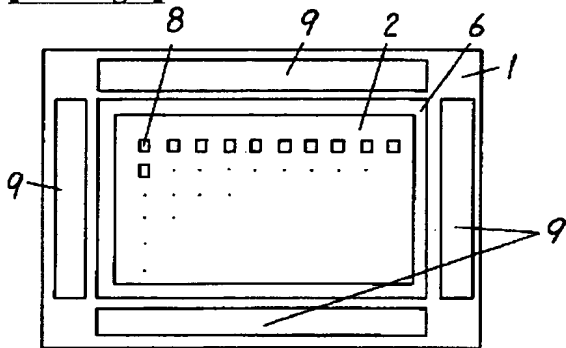
---

[Drawing 1]

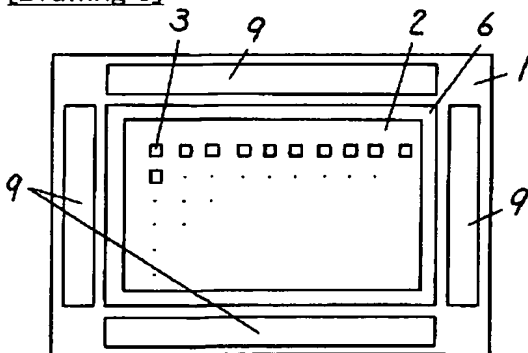
- 1, 4 ガラス基板  
 2 液晶表示部分  
 3 単結晶Siスイッチング  
 トランジスタ  
 5 液晶充填部  
 6 固定部  
 7 駆動用回路部



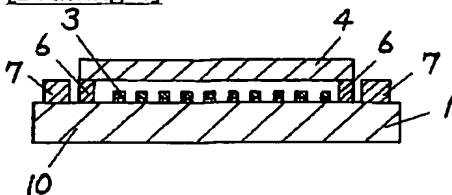
[Drawing 2]



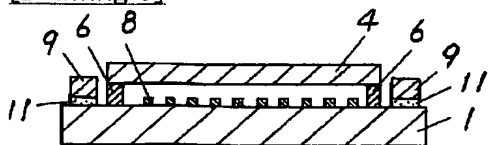
[Drawing 3]



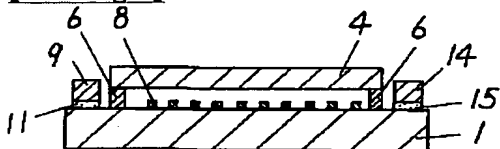
[Drawing 4]



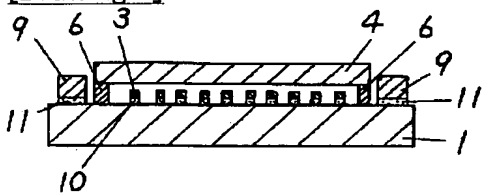
[Drawing 5]



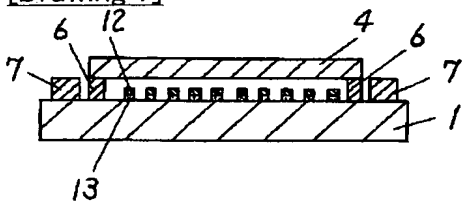
[Drawing 8]



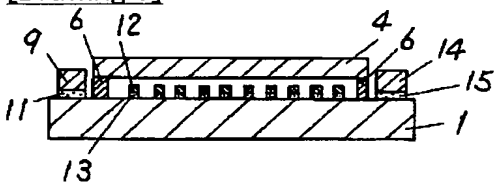
[Drawing 6]



[Drawing 7]



[Drawing 9]



---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-289421

(43)公開日 平成6年(1994)10月18日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/136	5 0 0	9119-2K		
1/1333	5 0 0	9017-2K		
H 0 1 L 29/784		9056-4M	H 0 1 L 29/ 78	3 1 1 A

審査請求 有 請求項の数13 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平4-261161

(22)出願日 平成4年(1992)9月30日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 江田 和生

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74)代理人 弁理士 小銀治 明 (外2名)

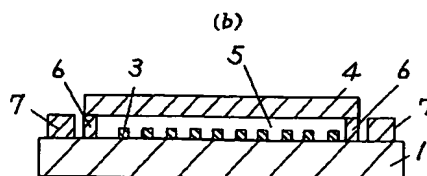
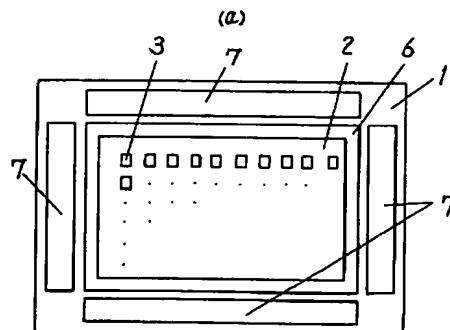
(54)【発明の名称】 液晶表示素子とその製造方法

(57)【要約】

【目的】 本発明は液晶表示素子に関するもので、特にスイッチングトランジスタと駆動用回路を、電子移動度の大きい単結晶SiやIII-V化合物半導体で、ガラス基板に一体に構成することにより、大容量の絵素を高コントラストで表示できるようにしたものである。

【構成】 ガラス基板上に直接もしくは珪素もしくは珪素化合物により直接接合された単結晶半導体基板を有し、該半導体基板に液晶スイッチング用トランジスタまたは／および駆動用回路部を有する液晶表示素子。

1, 4 ガラス基板  
2 液晶表示部分  
3 単結晶Siスイッチング  
トランジスタ  
5 液晶充填部  
6 固定部  
7 駆動用回路部



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】ガラス基板上に直接接合された単結晶Si半導体基板を有し、該Si基板に液晶スイッチング用トランジスタを有する液晶表示素子。

【請求項2】ガラス基板上に直接接合された単結晶Si半導体基板を有し、該Si基板に液晶スイッチング素子駆動用回路を有する液晶表示素子。

【請求項3】ガラス基板上に直接接合された単結晶Si半導体基板を有し、該Si基板に液晶スイッチング用トランジスタおよび液晶スイッチング素子駆動用回路を有する液晶表示素子。

【請求項4】ガラス基板上に珪素もしくは珪素化合物により直接接合された単結晶半導体基板を有し、該半導体基板に液晶スイッチング用トランジスタを有する液晶表示素子。

【請求項5】ガラス基板上に珪素もしくは珪素化合物により直接接合された単結晶半導体基板を有し、該半導体基板に液晶スイッチング素子駆動用回路を有する液晶表示素子。

【請求項6】ガラス基板上に珪素もしくは珪素化合物により直接接合された単結晶半導体基板を有し、該半導体基板に液晶スイッチング用トランジスタおよび液晶スイッチング素子駆動用回路を有する液晶表示素子。

【請求項7】単結晶半導体がSiであることを特徴とする請求項4乃至6記載の液晶表示素子。

【請求項8】単結晶半導体がIII-V化合物半導体であることを特徴とする請求項4乃至6記載の液晶表示素子。

【請求項9】単結晶半導体がGaAsであることを特徴とする請求項4乃至6記載の液晶表示素子。

【請求項10】単結晶半導体基板および接合用珪素もしくは珪素化合物膜の接合部表面を親水処理し、重ね合わせて熱処理により接合した後、単結晶半導体基板の厚みならびに形状を所望の厚みおよび形状に加工し、その後前記単結晶半導体基板に、接合熱処理以下の温度でプロセス処理を行うことによって、液晶スイッチング用トランジスタまたは／および液晶スイッチングトランジスタ駆動用回路を形成することを特徴とする液晶表示素子の製造方法。

【請求項11】重ね合わせて熱処理を行う時に接合部に電圧を加えることを特徴とする請求項10記載の液晶表示素子の製造方法。

【請求項12】珪素膜が非晶質であることを特徴とする請求項4乃至6記載の液晶表示素子。

【請求項13】珪素化合物膜が酸化珪素であることを特徴とする請求項4乃至6記載の液晶表示素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、液晶表示素子の高性能化および小型化に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、液晶表示素子は、ガラス基板に形成した薄膜の非晶質（アモルファス）珪素（Si）に、各絵素に対応して液晶スイッチング素子（薄膜トランジスタ：TFT）を形成し、これにより各絵素の液晶に加える電圧を変えて、各絵素の光の透過度を制御することにより表示を行っている。絵素の数が少ない時には、このトランジスタのスイッチングの速度はそれほど問題ではないが、絵素の数が増え、数千あるいは数万あるいはそれ以上の絵素から構成される液晶表示素子においては、トランジスタのスイッチング速度が表示の応答速度、コントラストに直接きいてくるため、トランジスタのスイッチング速度が重要な課題となってくる。トランジスタのスイッチング速度は、基本的には電子の移動度で決まる。例えば非晶質Siの場合の移動度は、約 $1\text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{S}$ 程度である。この問題を解決するために非晶質Siの代わりに、ガラス基板上に形成した多結晶Si（ポリシリコン）膜を使う方法も知られている。多結晶Siの移動度は $50-100\text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{S}$ 程度が期待でき、非晶質Siよりも高速のスイッチング素子アレイが形成できる。

【0003】液晶表示素子には、このような液晶スイッチングトランジスタアレイに加えて、それぞれのスイッチングトランジスタを駆動するための回路が必要である。通常は別に駆動用回路をICで作り、それを後から実装するようにしている。しかし駆動用回路をこのように後から外付けすると形状が大きくなり、また実装の間もかかるため好ましくない。そこでガラス基板に設けた非晶質Siや多結晶Si膜に、駆動回路を形成し小型化を図る方法も考えられているが、やはりこの場合にも電子移動度が高くないと十分な速度で駆動できない。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】ガラス基板に非晶質Siや多結晶Siの薄膜を形成し、そこに液晶スイッチングトランジスタやスイッチングトランジスタ駆動用回路を形成する方法では、電子移動度が十分速くないため、スイッチング速度の速いトランジスタが得られない。そのため絵素の数をあまり大きくできない、コントラストを十分とれないなどの課題があった。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、ガラス基板上に電子移動度の速い単結晶半導体基板を直接、または珪素または珪素化合物を用いて直接接合し、薄板化して前記Si基板に液晶スイッチング用トランジスタやスイッチング素子駆動用回路を有するようにしたものである。

## 【0006】

【作用】上記のような構成とすることにより、高速動作の可能な液晶スイッチング素子や、スイッチング素子駆動用回路を一体化した表示素子が得られ、高性能かつ小

型になる。

【0007】

【実施例】以下本発明の実施例の液晶表示素子の構成とその製造方法について、図面を参照しながら説明する。

【0008】（実施例1）本実施例の液晶表示素子の基本構造の第1の例を図1（a）（b）に示す。図1

（a）は液晶表示素子の平面図であり、図1（b）は側面図である。図において、1は液晶表示素子用のガラス基板、2は液晶表示部分、3はガラス基板1の液晶表示部分上に形成された単結晶Siからなる液晶スイッチングトランジスタで、絵素の数だけ設けられたアレイ状になっている。図では一部省略して表示してある。4は、ガラス基板1に対向して設けられたガラス基板、5は2枚のガラス基板1および4に挟まれた液晶充填部、6は2枚のガラス基板1、4の空隙を適当にあけて固定し、液晶を封止した固定部、7は外付けの駆動用ICチップである。図では表示されていないが、各スイッチングトランジスタは、それぞれ外部の駆動用回路に接続されており、また2枚のガラスのそれぞれの所定の部位に形成されている透明電極に接続されている。各スイッチングトランジスタが動作することにより、表示したい絵素の部分の透明電極に電圧が加わり、その部分の液晶の配列が変化することにより、各絵素での表示がなされる。単結晶Siトランジスタ3は、厚みが1 $\mu$ m程度であり、2枚のガラス基板の間にはさみこむことができる。また単結晶であることから、電子移動度が大きく1500 $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 程度の値が容易に得られ、非晶質Si比べ約1500倍、また多結晶Siに比べても、15から30倍大きい。そのためこれで作ったスイッチングトランジスタの速度もほぼ同じ倍率で速い高速のスイッチングが可能である。その結果、絵素が従来より大幅に増えても、良好なコントラストを保ちながら表示することが可能である。

【0009】ガラス基板1と各単結晶Siトランジスタ3は直接接合されている。一般の樹脂などの接着剤を用いて接合すると、耐熱性や耐溶剤性などの関係で、後の半導体加工プロセスが行えないが、本実施例の方法を用いれば、ガラス基板と単結晶Siは、ガラスの形成成分である珪素と酸素およびSi表面の珪素とが反応して接合されたものであり、したがって無機物による接着であるため、上記のような問題がない。また樹脂の接着剤を用いた場合、熱に弱い問題や、機械的歪による長期信頼性の問題などがあるが、本実施例のように、無機材料で接着することにより、そのような問題もない。

【0010】（実施例2）本実施例の液晶表示素子の構造の第2の例を図2に示す。図において、1は液晶表示素子用のガラス基板、2は液晶表示部分であり、6は固定部でその上に液晶を介して対向して設けられたガラス基板がある。8は非晶質Si薄膜で構成されたスイッチングトランジスタアレイでいちぶ省略して表示してあ

る。9は単結晶Siでガラス基板1に直接接合されており、スイッチングトランジスタアレイ駆動用回路が形成されている。2の部分の構造は基本的には実施例1と同じで、単結晶Siの代わりに非晶質Siで形成されており、いわゆる従来のTFT型液晶表示部と同様の構成になっている。図では表示されていないが、スイッチングトランジスタアレイと駆動用回路部はガラス基板1の上に形成された電気配線により電氣的に接続されている。またガラス基板上の透明電極と各スイッチングトランジスタも実施例1と同様に形成、接続されている。このような構成とすることにより、従来のように駆動回路用ICを後から実装する必要がなく、また液晶表示部分と一体に、ガラス基板上に集積化していることから、液晶表示素子全体を小型化することができる。

【0011】（実施例3）本実施例の液晶表示素子の構造の第3の例を図3に示す。図において、1、2、6および9の各構成要素の名称と機能は実施例1および2と同様である。3および9は、ガラス基板に直接接合された単結晶Siで、その上にそれぞれスイッチングトランジスタおよび駆動用回路が形成されている。図では表示していないが、実施例1、2と同様、スイッチングトランジスタアレイ3と駆動用回路部9はガラス基板1の上に形成された電気配線により電氣的に接続されている。また各スイッチングトランジスタと透明電極も実施例1と同様に、形成、接続されている。本実施例では、スイッチングトランジスタアレイ3と駆動用回路部9の両者にガラス基板に直接接合された単結晶Siを用いたものであり、したがって、実施例1と2で示した両者の効果が得られる。すなわち、スイッチングトランジスタも駆動用回路も、従来の非晶質Siや多結晶Siよりも桁違いに高速の動作が可能となり、大容量の絵素を高いコントラストで動作させることのできる液晶表示素子用が得られる。また実装面の課題が、実施例2と同様に解決されることから小型で信頼性の高い液晶表示素子が得られる。

【0012】（実施例4）本実施例の液晶表示素子の構造の第4の例を図4に示す。図4は、図1（b）に対応して、側面の構造を示したものである。図において、1から4、6、7の各構成要素の名称と機能は実施例1と同様である。10は、ガラス基板1と単結晶Siからなるトランジスタを接合するための珪素もしくは酸化珪素などの珪素化合物膜である。珪素もしくは珪素化合物膜は、厚みが0.05-0.5 $\mu$ m程度であり、この上に厚み1 $\mu$ m程度の単結晶Siがあったとしても、実施例1と同様、2枚の対向ガラス基板1および4の間にはさみ込むことが可能である。また珪素または珪素化合物の耐熱性、耐溶剤性、耐環境性は、単結晶Siやガラス基板と同等あるいはそれ以上であり、実施例1で示した直接接合の構造とほぼ同様の効果が得られる。したがって、実施例1と同様の効果が得られる。



【0013】(実施例5) 本実施例の液晶表示素子の構造の第5の例を図5に示す。図5は、実施例2で示した図2の構造に対応したもので、その側面の構造を示したものである。図において、1、4、6、8、9の各構成要素の名称と機能は実施例1および2と同様である。11は、ガラス基板1と単結晶Siからなる駆動用回路部を接合するための珪素もしくは酸化珪素などの珪素化合物膜である。珪素もしくは珪素化合物膜は、厚みが0.05-0.5 $\mu$ m程度であり、その機能と効果は、実施例4と同様である。すなわち珪素または珪素化合物の耐熱性、耐溶剤性、耐環境性は、単結晶Siやガラス基板と同等あるいはそれ以上であり、実施例2で示した直接接合の構造とほぼ同様の効果が得られる。したがって、実施例2と同様の効果が得られる。

【0014】(実施例6) 本実施例の液晶表示素子の構造の第6の例を図6に示す。図6は、実施例3で示した図3の構造に対応したもので、その側面の構造を示したものである。図において、1、3、4、6、9の各構成要素の名称と機能は実施例1-3と同様である。また10、11は実施例4および5と同様、それぞれスイッチングトランジスタ用単結晶Si、3および駆動回路用単結晶Si、10をガラス基板1に直接接合するための、珪素もしくは酸化珪素などの珪素化合物膜である。珪素もしくは珪素化合物膜の接合効果は実施例4で述べたと同様であり、したがって、実施例3で示した、大容量の絵素を高コントラストで駆動でき、しかも実装が小型の液晶表示素子が得られるという効果が、同様に得られる。

【0015】(実施例7) 本実施例の製造方法の例を示す。

【0016】ガラス基板と単結晶Si基板表面を極めて清浄かつ平坦にする。次にそれぞれの基板表面を親水処理する。具体的には、弗酸系エッチング液で表面をわずかにエッチングする。次に純水で各表面を十分洗浄した後、一様に重ね合わせると、各基板の表面に吸着した水の構成成分である水酸基などのファンデーダーワールス力により接合が起こる。この状態で熱処理を行うと界面から水の構成成分である水素が次第に抜けていき、ガラスの構成成分である珪素および酸素とSi基板の珪素が結合して、接合強度が強化される。この状態で、接合した単結晶Si基板を研削および研磨およびエッチングなどにより薄板化していき、最終的には、 $\mu$ mオーダーまで薄板化する。実際には1 $\mu$ m程度まで薄板化することが可能である。次に各絵素に対応した部分にのみ単結晶Si薄板を島状に残るようにエッチングする。次に各島状単結晶Si上に、通常の電界効果トランジスタの製造プロセスによりソース、ドレイン、ゲートおよび各種配線電極を形成し、各島にスイッチングトランジスタを形成する。これによりスイッチングトランジスタアレイの構造が得られる。電界効果トランジスタの製造プロセス

は450 $^{\circ}$ C以下で行うことが可能であり、接合強化熱処理温度をそれ以上で行っておけば、上記プロセス処理を行ってもなら問題は起こらない。次に透明電極や各種配線電極を形成し、もう一つの透明電極の形成されたガラス基板と対向させ、ガラス基板の間隙に液晶材料を注入し、封止する。各スイッチングトランジスタと各透明電極と外部回路は、各絵素に封止込められた液晶に加える電圧を制御できるように構成されている。これにより、実施例1で示した構造の液晶表示素子が得られる。

【0017】接合強化のための熱処理は、100 $^{\circ}$ C以上で効果があり、高温で行うほど接合が強化される。数10から数100Kg/cm<sup>2</sup>の接合強度が容易に得られる。熱処理温度の高温側の限界は、用いるガラス基板の耐熱性できまり、用いたガラス基板の少なくとも軟化温度以下であることが必要である。300 $^{\circ}$ C以上の温度で熱処理を行うと、容易に100Kg/cm<sup>2</sup>以上の強度が得られ、その後の研削、研磨、エッチングなどに十分な強度が得られる。剥離などがなく良好な接合を得るためには、ガラス基板と単結晶Siの熱膨張率を合わせるか、できるだけ近いものにすることが望ましい。ガラス材料は熱膨張率の選択の幅が広く、ほぼSiと同じものを選ぶことが可能であり、その場合には、剥離などなしに500 $^{\circ}$ C程度の高温までの熱処理が可能となり、生産歩留まりが向上する。500 $^{\circ}$ C以下の熱処理温度で十分な接合強度がとれるが、界面に電界を加えることによりさらに熱処理温度を低くすることも可能である。200-5000Vの高電圧を界面に加えておくことにより、熱処理温度が300 $^{\circ}$ C以下でも強固な接合が得られる。電圧の加え方は、直流またはパルス的に加える。本実施例は以上述べた如く、500 $^{\circ}$ C以下での接合が可能であることから、基板に高温まで特性の安定な合成石英のように高価な基板を用いずに、酸化珪素以外に融点を下げる成分を含んだ安価なガラス基板を用いることができ、また各プロセスも低温で行えることから生産上有利である。

【0018】液晶表示素子においては、対向ガラス基板の平行度が性能に重要な要素であるが、本実施例ではガラス基板と単結晶Si基板を直接接合で行っているの、ガラス基板と単結晶Si接合部の平坦度を非常に良く保つことができる。その結果、研削、研磨、エッチングの際の平坦度も良好に制御することができ、各単結晶Siの島の厚みのバラツキも非常に少ないので、ガラス基板の平行度も十分良好に保つことができる。

【0019】(実施例8) 本実施例の製造方法の第2の例を示す。

【0020】ガラス基板と単結晶Si基板表面を極めて清浄かつ平坦にする。次にそれぞれの基板表面にプラズマ化学気相成長法(CVD)により非晶質Si膜を形成する。次にその非晶質Si表面を親水処理する。具体的には、弗酸系エッチング液で表面をエッチングする。次

に純水で各表面を十分洗浄した後、一様に重ね合わせると、実施例7と同様、各基板の表面に吸着した水の構成成分である水酸基などのファンデーワールス力により接合が起こる。この状態で熱処理を行うと界面から水の構成成分である水素が次第に抜けていき、残された酸素と界面の非晶質Siの構成成分である珪素が結合して、接合強度が強化される。以後実施例7と同様の製造方法により、非晶質Siによりガラス基板に直接接合された単結晶Siのスイッチングトランジスタアレイを有する、実施例4の構造の液晶表示素子を得る。

【0021】直接接合のメカニズムは、実施例7とほぼ同様であり、したがって、接合強化のための熱処理温度の効果、および温度範囲、ガラス基板の熱膨張率の効果は実施例7とほぼ同様である。また接合界面に電圧を加えることにより、熱処理温度を低くすることも実施例7と同様、可能である。

【0022】また接合に用いた非晶質Siの厚みは、プラズマCVDを用いば0.05-0.5 $\mu$ mの厚みをnmオーダーで制御できることから、対向ガラス基板の平行度に関する課題も実施例7とほぼ同様、問題とならない。

【0023】(実施例9)本実施例の製造方法の第3の例を示す。

【0024】ガラス基板と単結晶Si基板表面を極めて清浄かつ平坦にする。次にそれぞれの基板表面にCVDにより酸化珪素膜を形成する。次にその酸化珪素膜表面を親水処理する。具体的には、弗酸系エッチング液で表面をエッチングする。次に純水で各表面を十分洗浄した後、一様に重ね合わせると、実施例7と同様、各基板の表面に吸着した水の構成成分である水酸基などのファンデーワールス力により接合が起こる。この状態で熱処理を行うと界面から水の構成成分である水素が次第に抜けていき、残された酸素と酸化珪素の構成成分である酸素および珪素が結合して、接合強度が強化される。以後実施例7と同様の製造方法により、酸化珪素によりガラス基板に直接接合された単結晶Siのスイッチングトランジスタアレイを有する、実施例4の構造の液晶表示素子を得る。

【0025】直接接合のメカニズムは、実施例7とほぼ同様であり、したがって、接合強化のための熱処理温度の効果、および温度範囲、ガラス基板の熱膨張率の効果は実施例7とほぼ同様である。また接合界面に電圧を加えることにより、熱処理温度を低くすることも実施例7と同様、可能である。

【0026】また接合に用いた酸化珪素膜の厚みは、0.05-0.5 $\mu$ mの厚みでnmオーダーで制御できることから、対向ガラス基板の平行度に関する課題も実施例7と同様、問題とならない。

【0027】(実施例10)本実施例の製造方法の第4の例を示す。

【0028】所定の透明電極を設けたガラス基板の液晶表示部にプラズマCVDなどにより非晶質Si薄膜を形成する。次にガラス基板の駆動回路形成部およびそれに接合する単結晶Si基板の表面を、実施例7と同様にして親水処理する。次に、純水で十分洗浄し、ガラス基板の駆動回路形成部に単結晶Si基板を接合する。以降実施例7と同様にして熱処理を行った後、非晶質Si薄膜形成部にスイッチングトランジスタアレイを、接合した単結晶Siに駆動用回路を形成し、それぞれ電気的接続を行う。次に液晶表示部に対向して所定の透明電極を設けたガラス基板を設け、液晶をその間隙に封止、各電気配線を接続することにより、実施例2の構造、すなわち液晶表示部分のスイッチングトランジスタは非晶質Siで、駆動回路部はガラス基板に直接接合された単結晶Siからなる液晶表示素子を得る。

【0029】ガラス基板と単結晶Siの接合予定部に、プラズマCVDにより非晶質Si膜を形成し、実施例8と同様に非晶質Si膜によりガラス基板と単結晶Siを接合すれば、非晶質Si膜で接合した実施例5(図5)の構造の液晶表示素子を得ることができる。

【0030】(実施例11)本実施例の製造方法の第5の例を示す。

【0031】所定の透明電極を設けたガラス基板の液晶表示部および駆動回路形成予定部および接合する単結晶Si基板の表面に、プラズマCVDなどにより非晶質Si薄膜を形成する。次にそれぞれの非晶質Si表面を親水処理、および純水洗浄して一様に重ね合わせることにより、ガラス基板と単結晶Siを非晶質Siで接合した基板を得る。以降実施例7と同様にして熱処理を行った後、単結晶Siを適当に各部分にエッチングなどにより分離し、液晶表示部にスイッチングトランジスタアレイを、駆動用回路部に駆動用回路を形成しそれぞれ電気的接続を行う。これにより、液晶スイッチングトランジスタおよび駆動用回路の両者を、非晶質Siにより接合した単結晶Siに形成した実施例6(図6)の液晶表示素子の構造を得る。

【0032】またガラス基板と単結晶Siの接合予定部に、CVDにより酸化珪素膜を形成し、実施例9と同様に酸化珪素膜によりガラス基板と単結晶Siを接合すれば、酸化珪素膜で接合した実施例6(図6)の構造の液晶表示素子を得ることができる。

【0033】(実施例12)本実施例の液晶表示素子の構造の第7の例を図7に示す。図は本実施例の構造の側面の構造を示したものである。図において、1、4、6、7の各構成要素の名称と機能は実施例4と同様である。12は単結晶GaAs基板上に作られたスイッチングトランジスタであり、13は単結晶GaAs基板に作られたスイッチングトランジスタを、ガラス基板1に接合するための珪素もしくは酸化珪素などの珪素化合物膜である。単結晶GaAs基板の厚みは1 $\mu$ m程度であ

る。また珪素もしくは珪素化合物膜の厚みは0.05-0.5 $\mu$ m程度である。すなわち本実施例の構造は、実施例4の構造において、単結晶Siの代わりに単結晶GaAsを用いた構造となっており、他の構成および動作原理は実施例4と同様である。耐熱性、耐溶剤性、耐環境性の効果などは、実施例1で示した直接接合の構造とほぼ同様の効果が得られる。さらに本実施例では、電子移動度が9700cm<sup>2</sup>/V $\cdot$ s程度ある単結晶GaAsを用いているため、単結晶Siよりも約6倍高速動作が可能である。したがって、実施例4の構造のものよりもさらに大容量の絵素を高コントラストで動作させることができる。

【0034】(実施例13)本実施例の液晶表示素子の構造の第8の例を図8に示す。図8は、実施例5で示した図5の構造に対応したもので、その側面の構造を示したものである。図において、1、4、6、8の各構成要素の名称と機能は実施例5と同様である。14は、単結晶GaAsで構成されたスイッチングトランジスタ駆動用回路部、15はガラス基板1と単結晶GaAsからなる駆動用回路部14を直接接合するための珪素もしくは酸化珪素などの珪素化合物膜である。珪素もしくは珪素化合物膜は、厚みが0.05-0.5 $\mu$ m程度であり、その機能と効果は、実施例5と同様である。すなわち実施例5と同様の耐熱性、耐溶剤性、耐環境性の効果が得られる。さらに本実施例では単結晶Siの代わりに単結晶GaAsを用いているので実施例5の構造のものよりもさらに大容量の絵素を高コントラストで動作させることができる。

【0035】(実施例14)本実施例の液晶表示素子の構造の第9の例を図9に示す。図9は、実施例6で示した図6の構造に対応したもので、その側面の構造を示したものである。図において、1、4、6の各構成要素の名称と機能は実施例1と同様である。また12、13、14、15は実施例12および13と同様、それぞれスイッチングトランジスタ用単結晶GaAs、それをガラス基板1に直接接合している珪素もしくは珪素化合物膜、および駆動回路用単結晶GaAsとそれをガラス基板1に直接接合するための、珪素もしくは珪素化合物膜である。珪素もしくは珪素化合物膜の接合効果は実施例13で述べたと同様であり、したがって、実施例3で示した、大容量の絵素を高コントラストで駆動でき、しかも実装が小型の液晶表示素子が得られるという効果が得られる。また単結晶GaAsをスイッチングトランジスタおよび駆動用回路部の両者に用いていることから、実施例6の構造よりもさらに大容量高コントラストの表示が可能となる。

【0036】(実施例15)本実施例の製造方法の第6の例を示す。

【0037】ガラス基板と単結晶GaAs基板表面を極めて清浄かつ平坦にする。次にそれぞれの基板表面にブ

ラズマ化学気相成長法(CVD)により非晶質Si膜を形成する。次にその非晶質Si表面を親水処理する。具体的には、弗酸系エッチング液で表面をエッチングする。次に純水で各表面を十分洗浄した後、一様に重ね合わせると、実施例7と同様、各基板の表面に吸着した水の構成成分である水酸基などのファンデーアールス力により接合が起こる。この状態で熱処理を行うと界面から水の構成成分である水素が次第に抜けていき、残された酸素と界面の非晶質Siの構成成分である珪素が結合して、接合強度が強化される。以後実施例7と同様の製造方法により、非晶質Siによりガラス基板に直接接合された単結晶GaAsのスイッチングトランジスタアレイを有する、実施例12の構造の液晶表示素子を得る。

【0038】直接接合のメカニズムは、実施例7とほぼ同様であり、したがって、接合強化のための熱処理温度の効果、および温度範囲、ガラス基板の熱膨張率の効果は実施例7とほぼ同様である。また接合界面に電圧を加えることにより、熱処理温度を低くすることも実施例7と同様、可能である。

【0039】また接合に用いた非晶質Siの厚みは、プラズマCVDを用いれば0.05-0.5 $\mu$ mの厚みをnmオーダーで制御できることから、対向ガラス基板の平行度に関する課題も実施例7とほぼ同様、問題とならない。

【0040】(実施例16)本実施例の製造方法の第7の例を示す。

【0041】ガラス基板と単結晶GaAs基板表面を極めて清浄かつ平坦にする。次にそれぞれの基板表面にCVDにより酸化珪素膜を形成する。次にその酸化珪素膜表面を親水処理する。具体的には、弗酸系エッチング液で表面をエッチングする。次に純水で各表面を十分洗浄した後、一様に重ね合わせると、実施例7と同様、各基板の表面に吸着した水の構成成分である水酸基などのファンデーアールス力により接合が起こる。この状態で熱処理を行うと界面から水の構成成分である水素が次第に抜けていき、残された酸素と酸化珪素の構成成分である酸素および珪素が結合して、接合強度が強化される。以後実施例7と同様の製造方法により、酸化珪素によりガラス基板に直接接合された単結晶GaAsのスイッチングトランジスタアレイを有する、実施例12の構造の液晶表示素子を得る。

【0042】直接接合のメカニズムは、実施例7とほぼ同様であり、したがって、接合強化のための熱処理温度の効果、および温度範囲、ガラス基板の熱膨張率の効果は実施例7とほぼ同様である。また接合界面に電圧を加えることにより、熱処理温度を低くすることも実施例7と同様、可能である。

【0043】また接合に用いた酸化珪素膜の厚みは、0.05-0.5 $\mu$ mの厚みでnmオーダーで制御でき

ることから、対向ガラス基板の平行度に関する課題も実施例7と同様、問題とならない。

【0044】(実施例17) 本実施例の製造方法の第8の例を示す。

【0045】所定の透明電極を設けたガラス基板の液晶表示部にプラズマCVDなどにより非晶質Si薄膜を形成する。次にガラス基板の駆動回路形成部およびそれに接合する単結晶GaAs基板の表面を、実施例7と同様にして親水処理する。次に、純水で十分洗浄し、ガラス基板の駆動回路形成部に単結晶GaAs基板を接合する。以降実施例7と同様にして熱処理を行った後、非晶質Si薄膜形成部にスイッチングトランジスタレイを、接合した単結晶GaAsに駆動用回路を形成し、それぞれ電気的接続を行う。次に液晶表示部に対向して所定の透明電極を設けたガラス基板を設け、液晶をその間隙に封止、各電気配線を接続することにより、実施例13の構造、すなわち液晶表示部分のスイッチングトランジスタは非晶質Siで、駆動回路部はガラス基板に直接接合された単結晶GaAsからなる液晶表示素子を得る。

【0046】またガラス基板と単結晶Siの接合予定部に、CVDにより酸化珪素膜を形成し、実施例9と同様に酸化珪素膜によりガラス基板と単結晶GaAsを接合すれば、酸化珪素膜で接合した実施例13の構造の液晶表示素子を得ることができる。

【0047】(実施例18) 本実施例の製造方法の第9の例を示す。

【0048】所定の透明電極を設けたガラス基板の液晶表示部および駆動回路形成予定部および接合する単結晶GaAs基板の表面に、プラズマCVDなどにより非晶質Si薄膜を形成する。次にそれぞれの非晶質Si表面を親水処理、および純水洗浄して一様に重ね合わせることで、ガラス基板と単結晶GaAsを非晶質Siで接合した基板を得る。以降実施例7と同様にして熱処理を行った後、単結晶GaAsを適当に各部分にエッチングなどにより分離し、液晶表示部にスイッチングトランジスタレイを、駆動用回路部に駆動用回路を形成しそれぞれ電気的接続を行う。これにより、液晶スイッチングトランジスタおよび駆動用回路の両者を、非晶質Siにより接合した単結晶GaAsに形成した実施例14の液晶表示素子の構造を得る。

【0049】またガラス基板と単結晶Siの接合予定部に、CVDにより酸化珪素膜を形成し、実施例9と同様に酸化珪素膜によりガラス基板と単結晶Siを接合すれば、酸化珪素膜で接合した実施例14の構造の液晶表示素子を得ることができる。

【0050】実施例12-18においては、III-V化合物半導体であるGaAsの例を示した。これ以外のII-V化合物半導体、例えばInP、InGaAs、AlGaAsなどはいずれも電子移動度がSiよりも速

く、また化学的性質もGaAsによく似ている。そのため本実施例で示した珪素もしくは珪素化合物膜を用いれば、ガラス基板に直接接合が可能であり、同様の構造と同様の効果を得ることができる。

【0051】珪素化合物として、本実施例ではいずれも酸化珪素の例で示したが、CVDなどで形成した酸化珪素はその酸素含有量が条件によって多少異なる。また窒素も含まれる場合がある。いずれの場合も直接接合が得られる。直接接合の可否は、その物質の結合の性質が関与しており、珪素または酸化珪素のように共有結合的性質を有していれば、ほぼ同様の効果が得られものと思われる。したがってSiO<sub>x</sub>、SiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、Si<sub>z</sub>N<sub>y</sub>などの酸化珪素類、酸化窒化珪素類、窒化珪素類など酸化珪素化合物で広く、半導体とガラス基板の接合が可能である。

【0052】

【発明の効果】本発明は、以上説明したような構成と製造方法から成るので、以下に記載されるような効果を示す。

【0053】本実施例では、液晶スイッチングトランジスタまたは／およびスイッチングトランジスタ駆動用回路部を、移動度の非常に大きい単結晶Siまたは単結晶III-V化合物半導体に形成していることから、極めて高速の動作が可能であり、その結果、大容量の絵素の表示を高コントラストで行うことができる。また駆動用回路を一体に形成できることから小型化を図ることができる。

【0054】単結晶半導体とガラス基板の接合を、直接もしくは珪素もしくは珪素化合物を用いて行っていることから、耐熱性、耐溶剤性、耐環境性の面で優れている。特に耐熱性に優れていることから、接合後のトランジスタ形成プロセスを実施することが可能であり、駆動用回路の一体化まで可能となる。

【0055】また500℃以下の温度で接合可能なことから、合成石英基板のように高価なものを用いずに、酸化珪素以外の成分を含有する融点の低い安価なガラス基板を使用でき、また各プロセスを低温で行えることから生産上有利である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例における液晶表示素子の構成図

【図2】同第2の実施例における液晶表示素子の構成図

【図3】同第3の実施例における液晶表示素子の構成図

【図4】同第4の実施例における液晶表示素子の構成図

【図5】同第5の実施例における液晶表示素子の構成図

【図6】同第6の実施例における液晶表示素子の構成図

【図7】同第7の実施例における液晶表示素子の構成図

【図8】同第8の実施例における液晶表示素子の構成図

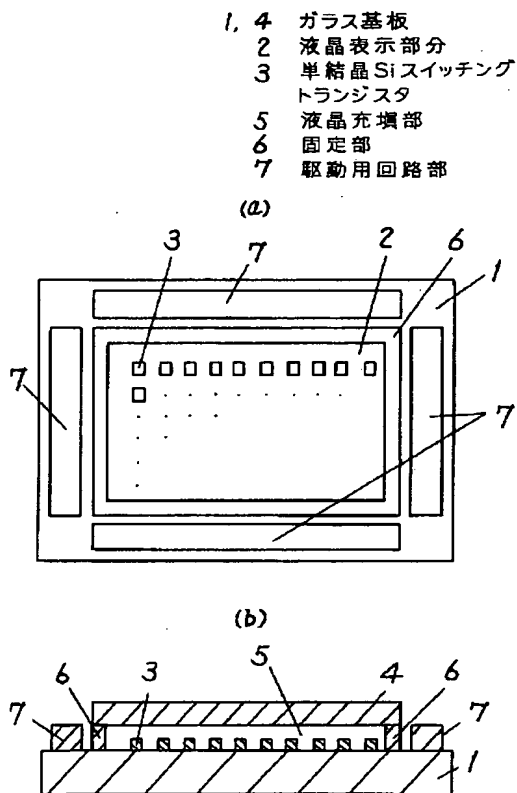
【図9】同第9の実施例における液晶表示素子の構成図

【符号の説明】

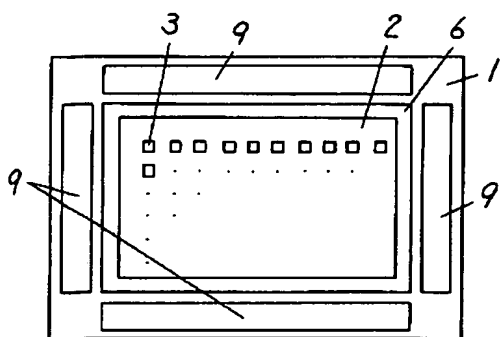
13

- 1 ガラス基板
- 2 液晶表示部
- 3 単結晶Siスイッチングトランジスタ
- 4 ガラス基板
- 5 液晶充填部
- 6 固定部
- 7 駆動用回路部
- 8 非晶質Siスイッチングトランジスタ

【図1】



【図3】

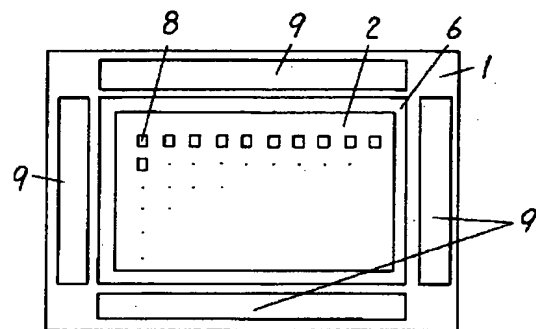


14

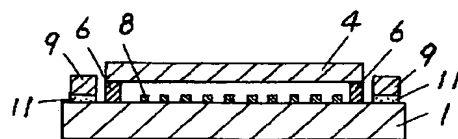
- \* 9 単結晶Si駆動用回路部
- 10 珪素もしくは珪素化合物膜
- 11 珪素もしくは珪素化合物膜
- 12 単結晶GaAsスイッチングトランジスタ
- 13 珪素もしくは珪素化合物膜
- 14 単結晶GaAs駆動用回路部
- 15 珪素もしくは珪素化合物膜

\*

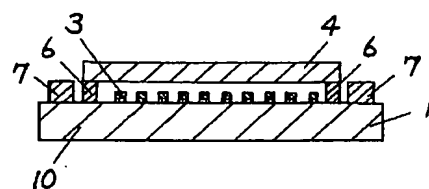
【図2】



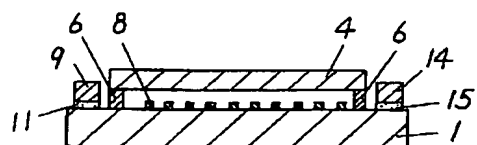
【図5】



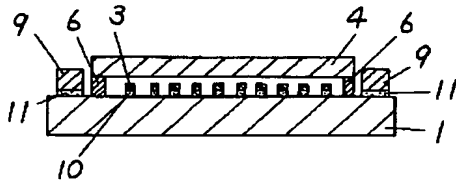
【図4】



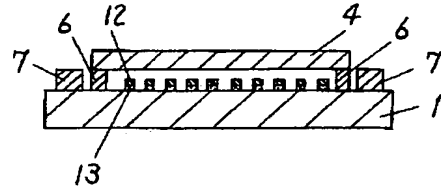
【図8】



【図6】



【図7】



【図9】

